

## Deutscher Physikertag Berlin 1952

vom 28. September bis 3. Oktober 1952

O. HALPERN, Pacific Palisades, Cal.: *Neutronenoptik*.

Seit der Fertigstellung der ersten Kernreaktoren besitzt die Physik Neutronenquellen, deren Intensität ausreicht, um mit Neutronen ähnliche Versuche anzustellen, wie sie mit Röntgenstrahlen ausgeführt worden sind. Die Wellenlänge der Neutronen wird durch die De-Broglie-Beziehung  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$  gegeben. Sie beträgt bei einer Energie von  $10^{-2}$  eV einige Å-Einheiten. Neutronen dieser Energie werden kohärent gestreut, und es läßt sich für sie ähnlich wie für Röntgenstrahlung ein Brechungsindex  $n$  und eine Streuamplitude  $a$  bestimmen, die mit dem Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  durch die Beziehung  $\sigma = 4\pi a^2$  verknüpft ist. Die bisherigen Versuche haben ergeben, daß der Wert  $n-1$  außerordentlich klein ( $n-1 \approx 10^{-5}$ ) und meist negativ ist. Nur in wenigen Substanzen, die z. B. H, Li oder Mn enthalten, ist  $n > 1$ . Bei kleinen Einfallswinkeln werden also thermische Neutronen von fast allen Stoffen total reflektiert.

Für die Feugung von Neutronen an festen Körpern ist die Laue'sche Theorie vollständig gültig. In der Praxis ergeben sich aber einige wesentliche Unterschiede, da sich die Streuamplitude nicht wie bei Röntgenstrahlen proportional zur Ordnungszahl, sondern unregelmäßig ändert und verschiedenes Vorzeichen aufweist. Es können daher mit Neutronen Strukturuntersuchungen von Metall-Legierungen ausgeführt werden, die aus Elementen benachbarter Ordnungszahl (z. B. Fe und Co) bestehen, da sich die Streuamplituden stark unterscheiden. Die große Streuamplitude der leichten Kerne ermöglicht auch die Strukturuntersuchung von Metall-Wasserstoff-Verbindungen, wie z. B. NaH, und von organischen Substanzen. Erschwerend wirkt dagegen, daß viele Verbindungen Elemente enthalten, welche aus mehreren Isotopen mit verschiedenen Streuamplituden bestehen, und daß dadurch die Interferenzbilder verwischt werden. Die im Vergleich zur Röntgenstrahlung ( $10^6$  eV) geringe Energie der Neutronen ( $10^{-2}$  eV) ermöglicht es, aus Streuversuchen an lockeren Pulvern die Verteilung der Schallquanten im Kristall zu ermitteln, indem man die unelastisch gestreuten Neutronen untersucht.

Wegen ihrer Bedeutung für die Festkörperphysik ist die Neutronenmagnetoptik ein besonders intensiv bearbeitetes Gebiet. Das magnetische Moment der Neutronen zeigt nämlich Wechselwirkungen mit den Magnetfeldern der Elektronenschalen. Die Streuung der Neutronen durch magnetisierte Festkörper ist daher sehr verwickelt vom Streuwinkel abhängig. Ein anfänglich unpolarisierter Neutronenstrahl ist hinter einem Eisenabsorber teilweise polarisiert, weil die Neutronen je nach ihrer Spinstellung verschieden stark gestreut werden. Andererseits kann man aus der Depolarisation eines anfänglich polarisierten Neutronenstrahls Rückschlüsse auf den Sättigungsgrad und die Struktur magnetisierter ferromagnetischer Körper ziehen. So ist mit Hilfe von Neutronen die Größe der Weiß'schen Bezirke nachgeprüft worden und die Elektronenschalenstruktur der Atome bei verschiedenen Valenzen durch Messungen an gelösten Eisensalzen untersucht worden. Schließlich konnte noch durch Debye-Scherrer-Aufnahmen von MnO mit Neutronen die Vermutung bestätigt werden, daß es neben para- und ferromagnetischen auch antiferromagnetische Stoffe gibt, in denen sich die Momente der verschiedenen Atome im magnetisierenden Feld nicht parallel, sondern antiparallel einstellen.

Für die nächste Zukunft ist die Verwendung polarisierter Neutronen bei der Untersuchung von Kernprozessen geplant, um die Drehimpulse angeregter Kerne zu bestimmen. Außerdem besteht Aussicht, daß es mit Neutronen gelingt, eine vollständig polarisierte Gammastrahlung herzustellen, was bisher nicht möglich war.

S. F. SINGER, London: *Ultrastrahlung und das Magnetfeld der Sonne*.

Raketennmessungen der Intensität der primären Ultrastrahlung in Abhängigkeit von der geographischen Breite zeigen, daß die Intensität der Primärprotonen bis  $58^\circ$  mit der Breite ansteigt und bei hohen Breiten ortsunabhängig ist. Daraus folgt, daß Protonen mit einer Energie von weniger als 560 MeV, die ein Ansteigen der Intensitätskurve hinter dem „Knie“ bei  $58^\circ$  Breite verursachen würden, durch außerterrestrische Magnetfelder beseitigt sind. Nimmt man an, daß die energiearmen Protonen durch das Magnetfeld der Sonne weggefiltert werden, so ergibt sich für das Dipolmoment der Sonne  $0,65 \cdot 10^{34}$  Gauß·cm<sup>3</sup>. Dieser Wert für

das Dipolmoment der Sonne ist noch zu klein, um beobachtbare tägliche Schwankungen der Primärstrahlung hervorzurufen. Es ist daher erforderlich, die Lage des „Knies“ über längere Zeit zu beobachten, um an periodischen Änderungen zu beweisen, daß das Magnetfeld der Sonne die energiearmen Protonen wegfiltert. Von Bedeutung wäre auch der Nachweis, daß die Intensitätskurve der Primär- $\alpha$ -Teilchen ebenfalls ein „Knie“ aufweist. Da ausführliche Untersuchungen der Physik der Sonne zu dem Schluß geführt haben, daß das Magnetfeld der Sonne klein ist, scheint es wahrscheinlich, daß die Vernichtung der energiearmen Primärprotonen der kosmischen Ultrastrahlung durch interstellare Magnetfelder verursacht wird.

K. WIRTZ, Göttingen: *Neuere Arbeiten zur molekularkinetischen Theorie der Flüssigkeiten*.

Es wird eine zusammenfassende Darlegung der Zurückführung der kinetischen Eigenschaften von Flüssigkeiten auf elementare Platzwechsel gegeben. Es zeigt sich, daß sich nicht nur die bekannten Gesetze, besonders hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit, von Diffusion, Ionenwanderung und Viskosität verstehen lassen; auch das Phänomen der Thermodiffusion ist einer molekularen Interpretation fähig. Eine konsequente Anwendung der Theorie auf Bereiche molekularer Größenordnung unter Berücksichtigung der Struktur liefert wesentliche Verkleinerungen der Reibungskonstanten für Translation und Drehung gegenüber den mikroskopischen Stokeschen Gesetzen und steht damit im Einklang mit dem experimentellen Material aus Diffusions-, Leitfähigkeits- und dielektrischen Relaxationsmessungen. Ebenso folgt aus der Platzwechseltheorie ein Beitrag zur Volumenviskosität, der bei den meisten Flüssigkeiten einen großen Anteil der beobachteten Ultraschallabsorption liefert. Am speziellen Fall der anomal großen Leitfähigkeit für Protonen im Wasser lassen sich die der Platzwechseltheorie zu Grunde liegenden Vorstellungen besonders anschaulich prüfen. Insgesamt zeigt sich, daß sich die empirischen Zusammenhänge in Flüssigkeiten durch diese Vorstellungen auf einfache Weise verstehen lassen; die Ableitung der molekularen Parameter, die auf individuellen Stoffeigenschaften beruhen, liegt jedoch außerhalb der bisherigen Ansätze.

H. FALKENHAGEN und G. KELBG, Rostock: *Die Bedeutung von Ionengröße und Ionenbesetzungszahlen für die neuere Theorie der starken Elektrolyte*.

Im starken Elektrolyten ist im statistischen Mittel ein positives Ion von einer Wolke negativer Ionen umgeben. Die Dicke der Wolke bestimmt das thermodynamische Verhalten, während die endliche Relaxationszeit – mit der die Dicke der Wolke abnimmt, wenn das Zentralion entfernt wird – das irreversible Verhalten bestimmt. Die bisherige Theorie war für 1–1 wertige Elektrolyte bis zu einer Konzentration von 0,01 Mol/l-Lösung gültig.

Eigen und Wicke sowie Dutta und Bagchi führten die Ionenbesetzungsdichte als neue charakteristische Größe ein, die vom endlichen Eigenvolumen der Ionen, also vom Ionenradius abhängt. Damit gelang es ihnen, die thermodynamischen Eigenschaften nicht assoziierter starker Elektrolyte zu erklären. Ihre Theorie stimmt mit den experimentellen Werten bei NaCl, RbCl und CsCl quantitativ überein. Diese Theorie wurde nun auf irreversible Vorgänge erweitert. Sowohl der stationäre Fall der Leitfähigkeit, als auch der nicht stationäre Fall, in dem auch die Dielektrizitätskonstante beeinflusst wird, wurde unter Berücksichtigung von Ionenradius und Ionenbesetzungsdichte theoretisch behandelt. Bei 1–1 wertigen Elektrolyten stimmt die Theorie mit dem Experiment überein bis etwa 0,5 Mol/l-Lösung. Auch die Feldstärkeabhängigkeit der Leitfähigkeit konnte erklärt werden. Eine experimentelle Überprüfung der Theorie ist mit Herrn W. Fucks (TH. Aachen) vereinbart worden.

M. L. EXNER, Göttingen: *Eigenfrequenz und Dämpfung von Gasblasen in Wasser*.

Die von Radius, Dichte, Druck und Oberflächenspannung abhängige Eigenfrequenz von Gasblasen in Wasser und deren Dämpfung wurde für Blasengrößen von 0,025 mm (130 kHz) bis 0,3 mm (10 kHz) gemessen. Bei der Messung steigt die Blase in einer fortschreitenden ebenen Schallwelle auf und an einem Mikrophon vorüber. Die durch Überlagerung der einfallenden und der von der Blase reflektierten Schallwelle entstehende Druckverteilung

wird registriert und daraus Reflexionsfaktor und Dekrement berechnet. Es erweist sich, daß der Absorptionsquerschnitt der Blase für die Schallenergie größer ist als der geometrische Querschnitt; wenn er mit den Apparaturdimensionen vergleichbar wird, ergeben sich Fehlmessungen wie bei einem älteren Verfahren, bei dem das Absorptionsvermögen eines Blasenschleiers gemessen wird.

Die Dämpfung läßt sich im untersuchten Frequenzbereich durch einen frequenzunabhängigen Anteil von der Strahlungsdämpfung und einen mit der Frequenz ansteigenden Anteil von der Wärmeleitungsdämpfung erklären. Der von der Viskosität herrührende Beitrag ist klein und wird erst bei Frequenzen über 100 kHz merklich. Mit sinkender Blasengröße zeigt ein steigender Teil von Blasen anomal hohe Eigenfrequenz. Diese Blasen enthalten winzige Staubeilchen, deren Einfluß noch nicht erklärt werden kann.

**R. ESCHÉ, Göttingen:** *Spektrum und Einsatz der Schwingungskavitation in Flüssigkeiten.*

Bei neun verschiedenen Schallfrequenzen zwischen 0 und 3,3 MHz wurde die Schwingungskavitation in Flüssigkeiten untersucht. Der Schall wurde bis  $3 \cdot 10^8$  Hz elektromagnetisch, bis  $1,75 \cdot 10^6$  Hz magnetostruktiv und bis  $3 \cdot 10^8$  Hz piezoelektrisch erzeugt. Die höchste Schallenergie dichte wurde in die freie Flüssigkeit verlegt, so z. B. bei der magnetostruktiven Erzeugung durch im Halbkreis angeordnete Nickelschwinger, oder bei der piezoelektrischen Erzeugung durch Flüssigkeitslinse oder Parabolreflektor. Einsatz und Spektrum wurden akustisch mit Mikrophon und selektivem Verstärker gemessen. Der zum Kavitationseinsatz nötige Schallwechseldruck beträgt bei Frequenzen bis 15 kHz etwa 1 Atm. und steigt dann bis zu 200 Atm. bei 3,3 MHz an. Das Spektrum ist kontinuierlich und enthält neben der Anregungsfrequenz auch deren Subharmonische mit ihren Oberwellen. Der Gehalt an Kavitationskeimen ist bei tiefen Frequenzen von größerem Einfluß als bei hohen.

**A. LÖSCHE, Leipzig:** *Zur Theorie der Dipolflüssigkeiten.*

Das elektrische Verhalten von Dipolflüssigkeiten kann trotz der Fortschritte der *Onsager'schen* Theorie, die in neuerer Zeit von *Abbott* und *Bolton* erreicht wurden, immer noch nicht voll verstanden werden. Aus den Messungen über die Rotationsdoppelbrechung kann man schließen, daß das dort eingehende Trägheitsmoment wesentlich größer als das einzelner Molekeln ist, d. h. es drehen sich größere Gruppen. Dies kann nur in der Dipol-Dipol-Wechselwirkung begründet liegen. Um zu einer Modellvorstellung über derartige Flüssigkeiten als Übergangszustand zwischen Gasen und Festkörpern zu gelangen, wurde die Zustandssumme  $Z$  unter Berücksichtigung der Dipol-Dipol-Wechselwirkung berechnet. Dabei wird die Näherung  $\sum_j \frac{1}{r_{ij}^n} \cong \frac{1}{r^n}$  eingeführt, wodurch wegen  $n \geq 6$  kein großer Fehler entsteht. Man erhält so  $Z = A \left\{ B + C \frac{m^4}{2 k^2 T^2 r^4} - \dots \right\}$  mit  $0 \leq A$ ;  $B$ ;  $C \leq 1$  (m: Dipolmoment). Als Konvergenzkriterium für diese Reihe findet man  $\frac{m^3}{k T r^3} \leq 1$ . Damit ergibt sich für den Wirkungsradius  $r_\omega$ , außerhalb dessen die Dipole nicht mehr stark gekoppelt sind  $r_\omega^3 = \frac{m^3}{k T}$ . Weiter erhält man aus dem obigen Kriterium:  $T_s = \frac{m^3}{k r_{\min}^3}$ . Hierbei bezeichnet  $r_{\min}$  die kleinstmögliche Annäherung der Molekeln. Bei Temperaturen, die höher als  $T_s$  sind, kann die Dipolwechselwirkung vernachlässigt und die Flüssigkeit wie ein Gas einer statistischen Behandlung unterworfen werden.

Das Modell befindet sich in Übereinstimmung mit den Messungen aus der Rotationsdoppelbrechung und liefert Werte für die Zähligkeit eines Komplexes, die mit Ergebnissen aus anderen experimentellen Verfahren übereinstimmen.

**K. LARCHÉ, Berlin:** *Über Xenon-Hochdruckbögen sehr hoher Leuchtdichte.*

Die Technik der Hochdruckgasentladungen beschränkte sich ursprünglich auf Luft und Quecksilberdampf, bis es 1944 gelang, Edelgasentladungslampen zu entwickeln, die sich wegen ihres tageslichtähnlichen Spektrums besonders gut für technische Anwendungen eignen. Xenon-Hochdruckentladungen besitzen nämlich im Gegensatz zu anderen Gasen ein intensives kontinuierliches Spektrum, welches nur von schwachen Linien im ultraroten Spektralgebiet überlagert ist, weil die angeregten Niveaus des Xenon-Atoms sehr hoch und dicht unter der Ionisierungsgrenze liegen. Beim Quecksilberdampf dagegen verursachen die nied-

rigen Niveaus schon bei geringer Anregungsenergie eine starke Linienstrahlung und verhindern dadurch weitere Temperaturerhöhungen in der Entladung. Die ersten brauchbaren Xenon-Lampen brannten bei einem Druck von 30 At mit einer Ausbeute von 30 Lumen/Watt und einer Leuchtdichte von 20000 Stilb. Das Spektrum, das sich vom Ultraviolett bis zum Ultrarot erstreckte, entsprach einer Elektronentemperatur von 6000°K. In den letzten Jahren wurde die Leistungsaufnahme der Lampen weiter gesteigert, so daß in der kathodischen Plasmakugel Leuchtdichten von  $10^6$  Stilb ( $\text{cd/cm}^2$ ) erreicht wurden. Die genaue Untersuchung der spektralen Verteilung hat ergeben, daß nicht die *Unsöld'sche* Lichtbogenformel, sondern das *Planck'sche* Strahlungsgesetz des schwarzen Körpers für die Xenon-Hochdruckentladung gilt. Dementsprechend wird die maximale Lichtausbeute bei einer mittleren Leistungsaufnahme erreicht, die Bogenentemperaturen von 6000 °K erzeugt. Erhöht man die Stromstärke weiter, so steigt die absolute Helligkeit; die Lichtausbeute nimmt jedoch ab, weil sich der Schwerpunkt der Entladung in das ultraviolette Spektralgebiet verschiebt. Durch Absorptionsmessungen läßt sich leicht demonstrieren, daß sich die Xenon-Bogensäule wie ein Graustrahler verhält. Bildet man eine Xenon-Lampe auf eine Photozelle ab und schiebt eine zweite Lampe in den Strahlengang, so beobachtet man, daß 40 % der Strahlung der ersten Lampe absorbiert werden. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß Xenon-Lampen mit einer Leuchtdichte von 50000 Stilb als schwarze Eichstrahler für die Astrophysik brauchbar sind.

**H. SCHIRMER, Berlin:** *Über die Bestimmung der Plasmatemperatur im Xenon-Hochdruckbogen aus Leuchtdichtemessungen.*

Die üblichen Methoden der Dichtemessung in Gasentladungen versagen beim Xenon-Hochdruckbogen, weil sich in ihm mehrere Zonen verschiedener Leuchtdichte abzeichnen. Dementsprechend ist auch der Druck und die Temperatur in der Entladung nicht einheitlich. Man muß sich daher bei der physikalischen Untersuchung auf die Messung des Absorptionskoeffizienten und der Leuchtdichte beschränken. Eine theoretische Behandlung des Problems ist nur möglich, wenn man den Bogen durch einen gleichmäßig gedachten Effektivbogen ersetzt. Mit Hilfe der *Kramerschen* Theorie lassen sich dann Ausdrücke ableiten, die es ermöglichen, aus Leuchtdichtemessungen die effektive Temperatur, den radialen Temperaturabfall und die Belastung der Quarzwand zu berechnen.

**BR. KRAUSE und M. RENNINGER, Marburg/L.:** *Elektrische Aufladungserscheinungen bei Kristallisation und Lösung.*

Bei der Kristallisation von Pentaerythrit aus wässriger Lösung schwimmen die Kristallkerne mit vertikaler tetragonaler Achse an der Oberfläche. Dabei ordnen sie sich zu einer Art zweidimensionalen Kristallgitters an (hexagonale Kreispackung ähnlich dem *Bragg-Nieschen* Seifenblasenmodell). Dies deutet auf eine allseitig kreisymmetrische gegenseitige Abstoßung der Kriställchen hin. Sie ordnen sich in Abständen, die ihrer Größe proportional sind. Die Abstoßung ist elektrostatisch, und zwar so, daß die Kristallköpfe negative Pole mit Potentialdifferenzen gegenüber der Lösung von der Größenordnung 100 V bilden. Die Potentiale wurden gemessen durch Elektroden, die dicht über der Oberfläche angebracht wurden. Die eigentliche Ursache der Aufladung ist noch unbekannt. Vermutlich ist es ein wachstumsdynamischer Vorgang, bei dem Ladungen in der Grenzschicht Kristall-Lösung gebildet werden, die beim Weiterwachsen im Inneren eingeschlossen wurden. Gehen durch Temperaturerhöhung die Kristalle in den Zustand der Auflösung über, so kehrt sich die Feldrichtung um. Als Ausnahmen gibt es auch Kristalle mit horizontaler Achse und neutrale Kristalle.

**M. RENNINGER, Marburg/L.:** *Zur Frage nach dem „absolut stärksten“ Röntgenreflex.*

Die Tatsache, daß das „integrale Reflexionsvermögen“ der Röntgeninterferenzen unter bestimmten Bedingungen, etwa solchen der symmetrischen Bragg-Reflexion einen definierten, theoretisch beherrschten Absolutwert (als oberen Grenzwert für den „idealen Mosaikkristall“) hat, läßt es sinnvoll erscheinen, nach dem Kristall mit dem absolut höchsten Reflexionsvermögen (für eine bestimmte Wellenlänge) zu suchen, auch in Hinsicht auf die Frage nach geeignetem Material für Monochromator-Kristalle. Eine Berechnung der Absolutintensitäten einer Reihe von Reflexen mit Cu-Strahlung hat u. a. folgendes Ergebnis: Steinsalz (200) 31; Al (200) 29,5; Quarz (101) 43,5; Cu (200) 71,5; Diamant<sup>(111)</sup> 86; LiF (200) 110; Pentaerythrit (002) 115; Graphit (002) etwa 500; jeweils  $\times 10^{-5}$ . Vorherige Abschätzung

der von einem bestimmten Kristall zu erwartenden Reflexionsintensität läßt sich nur in ganz groben Umrissen vornehmen, die verschiedenen Einflüsse sind zu differenzieren. Als wesentlichste Größen gibt die Rechnung nach verschiedenen Vereinfachungen den Quotienten  $d \cdot \rho_e / \mu$ , wobei  $d$  der Netzebenenabstand,  $\rho_e$  die Elektronendichte und  $\mu$  der Absorptionskoeffizient ist. Das überragend hohe Reflexionsvermögen, das durch Absolutmessungen an Graphit-Einkristallen bestätigt wurde, ließe diesen als idealen Monochromator erscheinen, wenn er in genügend gut gewachsenen Einkristallen zur Verfügung stünde. Dem viel verwendeten Pentaerythrit steht als gleichwertig LiF gegenüber, mit dem Vorteil, daß es nicht wie jenes unter der Röntgenbestrahlung verwittert.

**W. GENTNER, P. JENSEN, R. PRÄG und F. SMITS**, Freiburg i.Br.: *Altersbestimmungen aus dem Argon-Kalium-Verhältnis*.

Das im Kalium in geringer Menge vorkommende Isotop  $^{40}\text{K}$  wandelt sich einerseits unter  $\beta^-$ -Strahlung in  $^{40}\text{Ca}$  um, andererseits unter Einfang eines K-Elektrons und Emission eines  $\gamma$ -Quants in  $^{40}\text{Ar}$ . Aus dem Verhältnis Argon zu Kalium kann man daher das Alter von Gesteinen bestimmen, da gemessen wurde, daß  $3,3 \pm 0,3 \gamma$ -Quanten pro g Kalium und sec emittiert werden und also ebensoviel Umwandlungen von K-in Ar-Atome stattfinden.

Es wurden nun frühere Messungen an verschiedenartigen Kalisalzen derselben Herkunft (Lager Buggingen und Elsaß) nachgeprüft und erweitert. Die beobachteten Schwankungen im Argon-Kalium-Verhältnis bestätigten sich. Es zeigte sich, daß der Argon-Gehalt mit der Kristallgröße wächst. Die Kristallgröße wurde in Dünnschliffen gemessen. Das im Gestein enthaltene Gas wurde gereinigt, indem die unedlen Gase in verschiedenen Öfen absorbiert wurden und die Edelgase bei verschiedenen Temperaturen getrennt wurden. Es blieben einige  $\text{mm}^3$ , die massenspektroskopisch auf  $^{40}\text{Ar}$  untersucht wurden. Das Wachsen des Argon-Gehaltes mit der Kristallgröße zeigt eine Volumendiffusion des Argons nach außen. Für die Diffusionskonstante ergibt sich  $1,8 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec}$  bei  $38^\circ\text{C}$  und damit für das Alter des Gesteins  $20 \cdot 10^8$  Jahre. Die Temperatur des Lagers beträgt  $38^\circ\text{C}$ , sie war früher niedriger. Man rechnet mit einer mittleren Temperatur zwischen  $30^\circ$  und  $38^\circ$ . Als neuer Punkt in der Zeitskala des Alters der Gesteine ergibt sich  $50 \cdot 10^8$  Jahre für das Tertiär.

**A. FLAMMERSFELD und W. HERR**, Mainz:  $^{55}\text{Cr}$ , ein neues Chrom-Isotop mit  $T = 3,52 \text{ min}$  Halbwertszeit.

Nach  $^{55}\text{Cr}$  ist in neuerer Zeit vergeblich gesucht worden. Es wird nun gezeigt, daß es durch Bestrahlung mit thermischen Neutronen aus  $^{54}\text{Cr}$  über  $^{54}\text{Cr} (n, \gamma) ^{55}\text{Cr}$  mit guter Ausbeute darstellbar ist. Nur weil seine Halbwertszeit und seine  $\beta$ -Energie sehr nahe mit den entsprechenden Werten des  $^{52}\text{V}$  zusammenfallen, das über  $^{52}\text{Cr} (n, p) ^{52}\text{V}$  durch die immer noch vorhandenen schnellen Neutronen gebildet wird, ist  $^{55}\text{Cr}$  bisher der Beobachtung entgangen. Im natürlichen Isotopengemisch ist  $^{55}\text{Cr}$  mit 84 % und  $^{54}\text{Cr}$  mit 2,5 % enthalten.  $^{55}\text{Cr}$  hat eine Halbwertszeit  $T = 3,52 \pm 0,03 \text{ min}$ , sendet  $\beta$ -Strahlen mit der Maximalenergie  $E_\beta = 2,85 \text{ MeV}$  aus und zeigt keine  $\gamma$ -Strahlen.

Zur Abtrennung des Cr von dem mitgebildeten V wurden  $0,3 \text{ g Cr}(\text{OH})_3$  in konzentrierter HCl gelöst, als Träger für die V-Fällung 5 mg Vanadium zugegeben, mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  aufgekocht und in der mit Wasser verdünnten Lösung Kupferron zugegeben. Es fällt Vanadium-Kupferronat. Chrom wird im Filtrat als Silberchromat gefällt.

Im Szillard-Chalmers-Verfahren kann das aktive Chrom rasch gewonnen werden. 30–50 mg bestrahltes  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  werden in heißem Wasser gelöst, mit einigen mg  $\text{FeCl}_3$  als Träger versetzt, aufgekocht, auf  $60^\circ$  abgekühlt und nach 1–2 min abfiltriert. Der Niederschlag enthält 30 % der gesamten Cr-Aktivität.

**A. FAESSLER und F. ANHUT**, Freiburg i.Br.: *Der Einfluß der Aufnahmetechnik auf die Röntgenabsorptionsspektren*.

Die Untersuchung einer Röntgenabsorptionskante und ihrer vom Elektronenbandensystem herrührenden Feinstruktur läßt sich bequem vornehmen, wenn die Substanz als gutes Kristall-exemplar zugänglich ist und als Spektrometerkristall in einem Bragg-Spektrometer benutzt wird. Es hat sich gezeigt, daß die hierbei gemessene Wellenlänge im allgemeinen größer ist als diejenige, die mit der gleichen Substanz als feinkristalline Absorberschicht erhalten wird. Es betragen die Unterschiede an der K-Kante bis zu 2 eV. Es wird angenommen, daß dieser Effekt von einer Störung im Kristallgitter herrührt, die durch das Pulverisieren verursacht wird. Bei Benutzung von Kristallplättchen als Absorber ergeben sich die gleichen Werte wie bei der

Spektrometerkristallmethode. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß ein Interferenzeffekt an der Erscheinung beteiligt ist. Die Untersuchung wird fortgesetzt.

**A. KOCHENDÖRFER**, Düsseldorf und Köln: *Grundgesetze des Fließens der kristallinen und amorphen Stoffe*.

Das viscose Verhalten einer Substanz ist dadurch gekennzeichnet, daß eine konstante Schubspannung eine konstante Gleitung verursacht und daß sich die Gleitgeschwindigkeit proportional zur Schubspannung ändert (Newtonsche Beziehung). Der Proportionalitätsfaktor ist ein Maß für die Zähigkeit (Einheit: Poise). Rein viscose Stoffe sind isotrop oder besitzen eine Ordnung, die sich durch eine Dichtefunktion beschreiben läßt. Empirisch hat sich für Festkörper ein exponentieller und für Gase ein quadratischer Zusammenhang zwischen Viscosität und Temperatur ergeben.

Die theoretische Deutung der Viscosität ist bei Gasen einfach. Die Molekeln übertragen Schubspannungen nur durch momentane Zusammenstöße. Damit ist die Zähigkeit durch die Anzahl der Molekeln, die Molekelmasse, die freie Weglänge und die mittlere Geschwindigkeit bestimmt. In Festkörpern befinden sich die Molekeln in den Minima einer sinusförmigen Potentialfunktion. Die Potentialmaxima definieren eine maximale Schubspannung von der Größenordnung  $10^8 \text{ kp/mm}^2$ , nach deren Überschreiten Gleitung einsetzt. Solche Schubspannungen sind jedoch meist nicht anlegbar, weil die Körper schon bei  $1\text{--}10 \text{ kp/mm}^2$  spröde brechen. Bei höheren Temperaturen können die Molekeln wegen ihrer thermischen Energie fast ohne äußere Einwirkung die Potentialschwelen überwinden.

Kristalline Stoffe zeigen ein ganz anderes Verhalten. Gleichmäßiges Gleiten erfolgt nur, wenn die Schubspannung dauernd erhöht wird, d. h. die Belastung verursacht eine Verfestigung. Eine größere Schubspannung ändert nicht die Verformungsgeschwindigkeit, sondern den Grad der Abgleitung. Bei zunehmender Verformungsgeschwindigkeit tritt keine Versprödung auf. Dieses Verhalten läßt sich grundsätzlich durch den Begriff „Versetzung“ (dislocation) deuten. Die Verschiebung der Atome oberhalb und unterhalb der Gleitebene erfolgt in diesem Modell nicht gleichzeitig, sondern nacheinander. Der Gleitvorgang beginnt an einer bestimmten Stelle, indem sich zunächst nur wenige Atompaare gegeneinander verschieben. Dieser Vorgang pflanzt sich durch die Gleitebene fort. Dieses Modell der Versetzung erklärt aber das Verhalten der Metalle noch nicht widerspruchsfrei, so daß weitere Untersuchungen erforderlich sind. Bei hohen Temperaturen, die 75 % der Schmelztemperatur oder mehr betragen, verhalten sich auch die Metalle wie viscose Stoffe.

**R. HOUWINK**, Delft: *Deformationserscheinungen und Struktur der hochpolymeren Stoffe*.

Von den vielen Problemen, die geklärt wurden, seit das Buch des Vortr. vor 15 Jahren erschien, werden einige herausgegriffen. Der Begriff der Kristallisation ist entscheidend, um das Verhalten von Kautschuk und Nichtkautschuk zu erklären. Wird Kautschuk 1000 % gedehnt, so verzahnen sich die Molekelketten ineinander, so daß er quasi kristallisiert und sich bei weiterer Dehnung wie Cellulose verhält. Ein so regelmäßig gebauter Stoff wie Polyäthylen kristallisiert in dieser Art schon selbständig und ist darum hart. Die etwas unregelmäßig gebauten Kautschukmolekeln kristallisieren erst bei so großer Dehnung, daß eine Orientierung eintritt. Der Vorgang entspricht der Verfestigung bei den Metallen.

In einem deformierten System gilt die Gleichung

$$\sigma = \left( \frac{\partial U}{\partial l} \right)_T - T \left( \frac{\partial S}{\partial l} \right)_T$$

Dabei unterschied man bisher zwei Grenzfälle. 1) Stahlelastizität ohne Entropieänderung  $\sigma = \left( \frac{\partial U}{\partial l} \right)_T$ . 2) Kautschuk ohne Änderung

der potentiellen Energie  $\sigma = - \left( \frac{\partial S}{\partial l} \right)_T$ . Das zweite Ergebnis, daß Kautschuk sich wie ein ideales Gas verhalten sollte, war unverständlich. Der Grund liegt darin, daß die Änderung der potentiellen Energie nur bis 300 % Dehnung Null ist, wobei sich ein positiver und negativer Effekt gegenseitig aufheben. Zwischen 300 und 700 % ist  $\partial U / \partial l$  negativ, weil die Gebiete kristallisieren, und über 700 % ist  $\partial U / \partial l$  positiv, das Material verhält sich wie Metall.

**G. KURTZE**, Göttingen: *Messung der Ultraschallabsorption in Flüssigkeiten im Frequenzbereich  $3 \cdot 10^8$  bis  $3 \cdot 10^9 \text{ Hz}$* .

Für einen Frequenzbereich von  $1:10^6$  wurde die Ultraschallabsorption in Flüssigkeiten, die quadratisch mit der Frequenz ansteigt und sich also in einem Bereich von  $1:10^{10}$  ändert, mit verschiedenen Methoden gemessen.

1) Von 3 bis 50 kHz durch ein Resonanzverfahren, bei dem eine Kugel durch eine Ringelektrode radial angeregt und die Dämpfung einer einzelnen Eigenschwingung gemessen wurde. 2) Von 50 bis 1000 kHz durch ein Verfahren, bei dem das Abklingen des Nachhalls einer Vielzahl von Impulsen in einem Trog oszillographisch registriert wurde. 3) und 4) Von 3 bis 15 und von 20 bis 100 kHz mit einer optischen Anordnung unter Benutzung des Debye-Scherrer-Effektes. Gemessen wurde die Amplitude des Beugungsbildes erster Ordnung als Funktion des Ortes in einem Rohr mit einer fortschreitenden Schallwelle. 5) Von 100 bis 300 kHz durch Messung der Abnahme der Intensität von Schallimpulsen mit dem Abstand vom Sender mit Hilfe eines piezoelektrischen Empfängers.

Die Diskussion der Ergebnisse findet sich im nächsten Referat.

**K. TAMM**, Göttingen: *Ergebnis neuer Schallabsorptionsmessungen in Elektrolytlösungen und ihre Deutung.*

Mit den Anordnungen von **G. Kurtze** (vorhergehendes Referat) wurde die durch Zusatz von Elektrolyten zu Wasser hervorgerufene Ultraschallabsorption für eine größere Anzahl von Substanzen in einem weiten Frequenzbereich gemessen.

1) Abhängigkeit von der Wertigkeit. Die 1,1- und 2,1-wertigen Elektrolyte (z. B. NaCl,  $MgCl_2$ ) ergeben keine Absorption, hingegen die 2,2- und alle höherwertigen Elektrolyte hohe Absorption.

2) Einfluß der Konzentration. Die Absorption ist direkt proportional der Konzentration; der Absorptionsquerschnitt der Elektrolyte also konstant.

3) Frequenzverlauf. Für zwei Frequenzen erreicht die Absorption durch Relaxationsprozesse ein Maximum (beispielsweise für  $MgSO_4$ , 20 °C, bei  $10^5$  und  $10^6$  Hz). Die Beobachtungen an verschiedenen Substanzen ergaben, daß das Kation offenbar für die untere, das Anion für die obere Relaxationsfrequenz verantwortlich ist, und zwar sind die Relaxationsfrequenzen ungefähr proportional den Ionenradien. Es ist jedoch stets eine Rückwirkung des zweiten Ions nötig, so daß wahrscheinlich hydrolytische Prozesse eine Rolle spielen.

4) Temperaturabhängigkeit. Die Relaxationsfrequenzen verschieben sich mit steigender Temperatur nach oben. Aus dieser Abhängigkeit läßt sich die Aktivierungsenergie berechnen.

**W. MAIER** und **A. METZ**, Freiburg i.Br.: *Die Ultraschallabsorption in dem System Tetrachlorkohlenstoff-Phenol.*

Bei Systemen aus zwei organischen Substanzen (beispielsweise  $CCl_4$  in Benzol) mit verschiedenem Mischungsverhältnis verläuft nach den bisherigen Messungen die Ultraschallabsorption so, daß jeweils die reinen Substanzen eine höhere Absorption zeigen, als wenn ihnen etwas von der zweiten Substanz beigegeben wird. Eine sorgfältige Messung der Ultraschallabsorption bei 12 MHz und bei sehr geringen Konzentrationen an einer Lösung von Phenol in Tetrachlorkohlenstoff hat jedoch ergeben, daß die Absorption bis zu einer Konzentration von 5 Mol % Phenol tatsächlich erst ansteigt und dann abfällt. Für solche kleine Konzentrationen wurden die bisherigen Kurven im allgemeinen extrapoliert.

**F. KERKHOF**, Freiburg i. Br.: *Untersuchung des Bruchvorganges spröder Körper mit Ultraschall.*

Zur Untersuchung des Bruchvorganges an spröden Körpern bediente man sich entweder kinematographischer Methoden nach **Schardin** oder des Verfahrens nach **Smekal** und **Wallner**, aus den auf der Bruchfläche normalerweise entstehenden Linien Rückschlüsse auf den Bruchvorgang zu ziehen. Diese Linien werden durch natürlichen, beim Bruch entstehenden Ultraschall erzeugt, der die den Bruch verursachenden Spannungen während des Bruchvorganges periodisch ändert. Nun läßt sich diese Methode dadurch erweitern, daß man den laufenden Bruch durch eine künstliche transversale Ultraschallwelle beeinflusst (Frequenz z.B. 9 MHz.) Man erhält dann Markierungslinien auf der Bruchfläche, aus denen sich die Bruchgeschwindigkeit ermitteln läßt, auch in solchen Fällen, in denen die natürliche Bruchfläche keine Aussagen geliefert hätte.

**G. MÖLLENSTEDT**, Mosbach/Tübingen: *Sichtbarmachung von Hohlstellen in Einkristallen mittels Elektronenwellen.*

Hohlräume in Kristallen lassen sich durch Ferninterferenzen von Elektronenwellen mit Hilfe einer von **O. Rang** entwickelten Methode feststellen. Es ist jetzt untersucht worden, welche Form von Hohlräumen in 600–800 Å dicken PbJ-Kristallen auftreten.

Schwach gebogene Bleijodid-Einkristall-Lamellen zeigen im Elektronenmikroskop dunkle Kurvenzüge und schwarze Stellen, welche von Ebenen herrühren, die sich in Reflexionsstellung befinden. Erhöht man die Elektronenintensität, so beobachtet man auf dem Schirm neben dunklen Kurvenzügen die Entstehung von scharf begrenzten kleinen tropfenförmigen Bereichen von einigen  $\mu$ . Durchmesser, die von Kikuchi-Linien an Bleijodids durchzogen sind. Bringt man Bleijodid in dünner Schicht auf eine Kollodiumunterlage, die einige Löcher enthält, so wird die Erscheinung noch deutlicher. Es werden dann Bereiche sichtbar, welche von zwei Systemen von Kikuchi-Linien durchzogen sind, die sich in zwei Punkten schneiden, was darauf hindeutet, daß die Streifen von zwei Blasen gezeichnet werden. Die Höhe der Hohlstellen läßt sich aus dem Abstand der Linien ermitteln. Auf vielen Bildern sind zwischen einzelnen Hohlräumen feine ellipsenförmige Linien zu erkennen, die wahrscheinlich durch Hohlkanäle hervorgerufen werden, welche die Hohlstellen verbinden. Auch von Natur aus im Muskovit vorhandene Hohlstellen werden durch kleine Bereiche mit Strukturen im Elektronenmikroskop sichtbar.

**H. SCHOPPER**, Hamburg: *Die Erzeugung von linear polarisiertem Licht durch Reflexion an einer dünnen absorbierenden Schicht.*

Es wird gezeigt, daß durch Reflexion an einer absorbierenden Schicht, die sich auf einer nichtabsorbierenden Unterlage befindet, bei schrägem Lichteinfall linear polarisiertes Licht erzeugt werden kann.

Die senkrecht zur Einfallsebene polarisierte Strahlung wird unter verschiedenen Winkeln reflektiert, die von dem Wertepaar der optischen Konstanten  $n$  und  $k$ , Brechungsquotient und Absorptionskonstante abhängen. Durch gleichzeitige Wahl von  $n$  und  $k$  sind auch technische Forderungen an die Schicht, wie Wischfestigkeit leichter zu erfüllen. Die Herstellung von absorbierenden Polarisationschichten dürfte einfacher sein als diejenige von nichtabsorbierenden, da im ultraroten und ultravioletten Spektralbereich mehr absorbierende als nicht absorbierende Medien zur Verfügung stehen. Die Ausbeute an polarisiertem Licht ist bei vorgegebenem Einfallswinkel praktisch die gleiche wie bei nichtabsorbierenden Schichten. Die Untersuchungen sind bisher theoretisch.

**E. MENZEL**, Tübingen: *Dickenmessung mikroskopischer Objekte durch Dreispalt-Interferenzen.*

Ein Dreifachspalt von Millimetergröße wird durch den Kondensor oder ein Hilfsobjektiv verkleinert so in das Objekt abgebildet, daß das Bild des einen der drei Spalte auf dem Objekt liegt. Die Änderung der Tubusstellung des Mikroskops gibt ein Maß für die optische Dicke des Objekts. Dabei muß  $1/100$  mm am Tubus abgelesen werden können. Die Dicke von Mikrotomschnitten ist bequem meßbar. Mit weißem Licht gibt die Reproduktion der farbigen Säume eine noch größere Einstellgenauigkeit, so daß Dicken bis zu 100 Å optischer Wegunterschied gemessen werden können.

Die Spalte können auch auf kleine Quadrate verkleinert auf Bakterien abgebildet werden. Ebenso lassen sich Höhenschichtlinien von 100 Å Gangunterschied in der Dicke von Kollodiumhäuten messen.

In ähnlicher Anordnung läßt sich das Verfahren beim Auflichtmikroskop benutzen. Die Interferenzerscheinung zeigt sich hier in der Umgebung der hinteren Brennebene des Auflichtobjektives. Beobachtet wird durch ein Hilfsmikroskop, dessen Verschiebung gemessen wird.

**W. OPPELT**, Frankfurt/M.: *Über Einschwingungsvorgänge bei Regelungen.*

Der zeitliche Verlauf des Einschwingungsvorganges eines Reglers hängt ab vom zeitlichen Verlauf der Störung, die er ausregelt. Da ein zusammengesetztes System verschiedene Störglieder hat, jedes mit einer charakteristischen Zeitfunktion, so ist der Einschwingvorgang vom Störglied abhängig. Er ist außerdem durch Nichtlinearitäten der Regelanordnung wie Sättigungserscheinungen oder Anschläge gekennzeichnet. Die Anschläge kürzen den Einschwingvorgang gedämpft ab, wenn der Regler nach Ausgleich der Störung nach der Gegenseite ausschwingt.

Um die Zeitfunktion günstig zu gestalten und gleichzeitig das Leistungsniveau zu erreichen, teilt man den Regler in ein Zeit- und ein Leistungsglied auf. Durch Gegenkopplung macht man die Zeitfunktion vom Verstärkungsgrad unabhängig und bekommt eine Schwingung mit einer Verzögerung erster Ordnung.

H. SARTORIUS, Hersbruck b. Nürnberg: *Zur optimalen Anpassung von Regelungen.*

Bei komplizierten Reglern ist eine „Optimierung“ im Sinne einer Rationalisierung allen zur Funktion des Reglers nötigen Aufwandes wünschenswert. Dies gilt sowohl für die Verfahrensregelung (Konstanthaltung physikalischer Bedingungen) als auch für Servomechanismen. Ein Regelsystem mit  $n$  Freiheitsgraden wird allgemein durch eine Differentialgleichung  $n$ -ter Ordnung beschrieben, doch sind technisch häufig nicht alle Freiheitsgrade verfügbar, so daß man sie in Freiheiten und Fesseln unterscheiden muß. Die allgemeine Methodik zur Optimierung besteht (1) in der Definition einer Regelgüte und (2) in der Extremierung dieser Regelgüte. Dafür kommt nur ein lineares oder quadratisches Gütemaß in Frage. Beim linearen Gütemaß soll die Regelfläche ein Minimum werden, Dämpfung ist dafür Voraussetzung. Es versagt bei periodischen Störungen. Das Gütemaß mit dem quadratischen Regelfehler ergibt allgemein gültige Optimalbedingungen, die jedoch meist schwierig abzuleiten sind. Bei dauernden Störungen muß der mittlere quadratische Fehler, d.h. der quadratische Fehler pro Zeitintervall benutzt werden. Nach der Extremierung sind die „Kennwerte“ der Regelteile zu berechnen. Aus dem mathematischen Verfahren lassen sich Faustregeln zur Abstimmung der Regelsysteme ableiten. Servomechanismen werden am besten nach der Theorie von Norbert Wiener behandelt.

W. HANLE, Gießen: *Ausbeute der Lumineszenz und Zerstörung beim Durchgang energiereicher Teilchen durch Materie.*

Durch Untersuchung der Lumineszenzausbeute und des Abklingens verschiedener Stoffe sind neue für die Deutung der Lumineszenzerscheinungen wichtige Meßwerte erhalten worden. Bei der Anregung von Gasen durch Elektronen wurde festgestellt, daß mindestens 10 eV nötig sind, um eine Anregung zu erzielen, und daß das Spektrum bei hohen Energien unabhängig von der Beschleunigungsspannung ist. Die Lumineszenz von Gasen zeigt eine typische Druckabhängigkeit. Während bei Edelgasen die Intensität proportional zum Druck zunimmt, zeigt die Lichtausbeute anderer Gase bei hohen Drucken Sättigung. Die Lumineszenz von  $\text{CO}_2$  nimmt sogar nach Durchlaufen eines Maximums bei hohen Drucken wieder ab. Wie beim  $\text{CO}_2$  so ist auch bei vielen organischen Stoffen in fester oder flüssiger Lösung eine konzentrationsabhängige Lumineszenzausbeute beobachtet worden. Unter anderem wurde Anthracen in Benzol und Anthracen in Polystyrol untersucht. Polystyrol-Lösungen sind besonders hell. Sie zeigen eine gute Energieübertragung vom Absorptionsgrundstoff zum Emissionszentrum. Es besteht Aussicht, daß sie für Leuchtschirme von Elektronenmikroskopen Verwendung finden, wenn es gelingt, die Leuchtstoffe so zu präparieren, daß die Lumineszenzfähigkeit nicht durch die starke Elektronenstrahlung zerstört wird. Bei Bestrahlung mit Elektronen oder Ionen wird bei fast allen organischen Stoffen die Lumineszenzfähigkeit dadurch zerstört, daß Störzentren erzeugt werden, welche die Exzitonen abfangen. Die Zerstörung nimmt mit der Schwere der Teilchen zu.

Messungen der Abklingdauer der Lumineszenz ermöglichen Rückschlüsse auf den physikalischen Mechanismus der Lichtemission. Die Abklingzeit wurde durch Ultraschallfluorometer gemessen oder durch Untersuchung der Phasenverschiebung zwischen den Amplituden eines hochfrequenzgesteuerten Elektronenstrahls und der Lichtemission bestimmt. Es zeigte sich, daß die Abklingzeit von Mischkristallen von der Konzentration der Komponenten, dem Zerstörungsgrad und der Größe der Kristalle abhängt.

R. BROSER-WARMINSKY, Berlin: *Über die mit Phosphoreszenz verknüpfte elektrische Leitfähigkeit von ZnS und CdS.*

Die Leitfähigkeit von ZnS und CdS bei Lichtanregung hängt ursächlich mit ihrer Phosphoreszenz zusammen. Die Elektronen, welche durch Lichtanregung in das Leitfähigkeitsband des Kristalls gehoben werden, bewirken während der Anregung eine Zunahme der Leitfähigkeit und bei ihrer Rekombination mit Defektelektronen eine Lumineszenz. Wenn sich die angeregten Elektronen vorwiegend im Leitfähigkeitsband und nicht in Haftstellen befinden, ist die Leitfähigkeit proportional der Konzentration der freien Elektronen, die Lumineszenz dagegen proportional der Konzentration von Elektronen und Defektelektronen. Die Lumineszenz ändert sich in diesem Fall mit dem Quadrat der Leitfähigkeit. Befinden sich dagegen die angeregten Elektronen vorwiegend in Haftstellen, so ist ein langsames Abklingen zu erwarten, und die Lumineszenz wird sich proportional der Leitfähigkeit ändern.

Experimente haben ergeben, daß sich die Leitfähigkeit bei schwacher Anregung proportional der Lumineszenz ändert, was

beweist, daß das Verhalten der Phosphore bei schwacher Anregung durch die Haftstellenkonzentration bestimmt wird. Die Parallelität Leitfähigkeit-Lumineszenz zeigt sich auch bei Veränderung der Temperatur. Erhitzt man einen angeregten ZnS-Phosphor (glow-Kurve), so tritt bei bestimmten Temperaturen eine starke Lumineszenz und gleichzeitig eine Zunahme der Leitfähigkeit auf. Da das Leitvermögen der Kristalle wesentlich einfacher zu messen ist als die Lumineszenz, ist das Verhalten von CdS im einzelnen nur durch Messung der Leitfähigkeit untersucht worden. Es ergab sich bei zunehmender Temperatur nicht immer ein einfacher Stromanstieg. Das beruht darauf, daß für den Leitungsmechanismus um so mehr Ladungsträger zur Verfügung stehen, je mehr Haftstellen besetzt sind. Andererseits sinkt die Beweglichkeit der Ladungsträger mit steigender Besetzungsdichte der Haftstellen. Eine Abnahme der Elektronenkonzentration in den Haftstellen hat also zwei auf die Leitfähigkeit im entgegengesetzten Sinne wirkende Effekte zur Folge. Das An- und Abklingen der Photoleitfähigkeit ist ebenfalls untersucht worden. Es zeigte eine komplizierte Temperaturabhängigkeit.

I. BROSER, Berlin: *Die quantitative Berechnung des langzeitigen An- und Abklingens der Lumineszenz und Photoleitfähigkeit von Kristallphosphoren.*

Das langzeitige Abklingen der Kristallphosphore ist nicht einfach hyperbolisch oder exponentiell, wenn es durch verschiedene Haftstellen verursacht wird. Die Analyse von Abklingkurven hat oft zu Fehlschlüssen geführt, weil der Wiedereinfang von Elektronen in Haftstellen (*retrapping*) oder die strahlungslosen Übergänge nicht richtig berücksichtigt wurden. Eine genaue theoretische Diskussion ergibt, daß ein monomolekularer Prozeß nicht unbedingt eine exponentielle Abklingkurve verursacht, sondern daß auch hyperbolische Abklingkurven ohne bimolekulare Vorgänge möglich sind. Viele Phosphore, wie z. B. CdS, zeigen kein einfaches Abklinggesetz, sondern mehrere Abklingstufen, die möglicherweise durch Randschichteffekte verursacht werden. Zuverlässige Aussagen über die Eigenschaften der Haftstellen erhält man daher nur, wenn man neben der Abklingkurve das Anklängen und das Ausleuchten (glow-Kurve) untersucht.

TH. GAST, Darmstadt: *Fortschritte der elektrischen Feinstwägung.*

Eine bereits beschriebene, vom Vortr. entwickelte Mikrowaage, deren Waagebalken an einem Drehschulsystem befestigt ist und die mit selbsttätiger elektrischer Kompensation arbeitet, wurde so weit verbessert, daß eine Ablesegenauigkeit von 1 Mikrogramm pro Skalenteil und eine Nullpunktskonstanz vom gleichen Betrag über mehrere Stunden erreicht wurde. Diese Leistung läßt sich wahrscheinlich noch um ein bis zwei Zehnerpotenzen verbessern. Abgelesen wird der Kompensationsstrom an einem elektrischen Meßinstrument. Er ist der Belastung streng proportional. Die Waage wurde für ein Staubmeßgerät verwendet.

Es wurde ferner eine Waage nach einem neuen Prinzip vorgestellt, wobei die Waageschale unterhalb eines Elektromagneten völlig frei schwebt. Die selbsttätige Regulierung des Magnetfeldes wird durch Verstimmung eines Resonanzkreises vorgenommen. Die Größe des Regelstromes ist der Belastung der Waage proportional. Auch diese Methode verspricht eine Verbesserung der oben angeführten Werte zu ergeben.

G. POGANSKI, Beleck: *Über die Leitfähigkeit von aufgedampften Selen-Schichten.*

Die spezifische Leitfähigkeit von aufgedampften mikrokristallinen Selen-Schichten hat in Abhängigkeit von der Formierungstemperatur bei etwa 200° ein Maximum. Kapazitätsmessungen an Selensperrschichten und elektronenmikroskopische Aufnahmen der Selen-Oberfläche zeigen, daß sowohl die Dichte der Störstellen im Selen-Kristallit als auch die Zahl der inneren Grenzflächen zwischen Kristalliten, der Sperrschichten, mit wachsender Formierungstemperatur monoton abnehmen. Die Kristallite sind bei etwa 200° ausgebildet und wachsen oberhalb 200° nur noch wenig weiter. Man hat also bei niedrigerer Temperatur eine größere Anzahl von Übergangswiderständen. Dies wird bestätigt dadurch, daß der Widerstand unter 200° deutlich frequenzabhängig ist, ab 200° aber frequenzunabhängig wird.

W. SCHWIECKER, Berlin: *Die Halbleitereigenschaften von Magnesium-Titan-Spinellen.*

Für verschiedene Verhältnisse  $\text{MgO}$  zu  $\text{TiO}_2$  wurde einerseits die Reaktionskonstante, andererseits der spezifische Widerstand in Abhängigkeit von der Reduktionstemperatur gemessen. 1,5 bis 8,0  $\text{MgO} \times 1 \text{ TiO}_2$  wurden zwischen 1000° und 1600° reduziert von

(MgTi)O<sub>3</sub> zu (MgTi)O<sub>2</sub> und die Aktivierungskonstante der Sauerstoff-Freisetzung mit der der Elektronenfreisetzung verglichen. Die beiden Aktivierungskonstanten hängen im Bereich der Entartung linear voneinander ab. Daraus wird geschlossen, daß der Mg-Ti-Spinell ein Valenzhalbleiter ist, bei dem das Ti-Ion durch die Reduktion seine Wertigkeit ändert und ein Valenz-Elektron des benachbarten Mg-Ions für die elektronische Halbleitung zur Verfügung steht.

**E. KRAUTZ**, Braunschweig: *Über die elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie die Thermokraft im System Titan-Sauerstoff.*

Das System Ti/O hat große Homogenitätsbereiche, in denen die kristallographische Ordnung von der Zusammensetzung wenig abhängig ist. Das Ti-Gitter vermag bis 42 % O aufzunehmen. Das flächenzentrierte Gitter des TiO hat ein großes Gebiet, in dem es Sauerstoff-Entzug und -Aufnahme verträgt. Die Zweiphasengebiete sind also sehr klein und die homogenen Gebiete groß. Im Verhältnis Ti zu O von 0,6 bis 1,4 ist TiO homogen.

Die Gitterkonstante der verschiedenen Zusammensetzungen wurde röntgenographisch gemessen, sie ändert sich linear mit dem Sauerstoff-Gehalt. Mit zunehmendem Sauerstoff-Gehalt ändert sich die elektrische Leitfähigkeit kontinuierlich von der rein metallischen Leitung mit positivem Temperaturkoeffizienten des Widerstands zur Halbleitung mit negativem T-Koeffizienten, von Ti-Metall bis zum Rutil, mit einer Leitfähigkeitsänderung um 10<sup>4</sup>. Die Thermokraft steigt mit dem Sauerstoff-Gehalt stetig an. Die Wärmeleitfähigkeit nimmt zwischen 0,1 bis 0,3 O zu Ti stark ab, bleibt dann von 0,3 bis 1,8 etwa konstant und steigt zwischen 1,8 und 2,0 O zu Ti wieder stark an.

**L. GENZEL und H. MÜSER**, Frankfurt a. M.: *Über eine besondere Art von Bleisulfid-Schichten.*

Aufgedampfte oder chemisch niedergeschlagene Bleisulfid-Schichten finden als lichtelektrische Ultrarotempfänger Verwendung. Es ist jetzt eine Herstellungsmethode entwickelt worden, die Ultrarotempfänger liefert, welche wesentlich leistungsfähiger sind als die bisher verwendeten. Eine Lösung A (2 g Bleiacetat auf 15 cm<sup>3</sup> Wasser) wird mit einer Lösung B (0,4 g Thioharnstoff auf 15 cm<sup>3</sup> Wasser) in einem Becherglas gemischt und 4 n Natronlauge tropfenweise zugegeben, solange sich der Niederschlag löst. In dieser Lösung scheiden sich auf einem Objektträger feste polierbare Bleisulfid-Schichten ab. Ihre Empfindlichkeit ist gegenüber den bisher üblichen Schichten mehr als verdoppelt und das Maximum der spektralen Verteilung von 2,7 µ auf 1 µ verschoben. Das Durchlässigkeitsgebiet und die langwellige Grenze der Empfindlichkeit (1,8 µ) liegt ebenfalls bei kürzeren Wellenlängen. Die neuen Bleisulfid-Photowiderstände unterscheiden sich weiterhin durch eine größere Trägheit, die bei Verwendung von Wechsellichtmethoden schon bei 100 Lichtwechseln pro sec eine Verkleinerung der Amplituden um 20 % bewirkt. Abkühlung verschlechtert die Empfindlichkeit der neuen und verbessert die der alten Ultrarotempfänger. Die neuen Photowiderstände sind außerdem hochohmiger und weisen einen kleineren Dunkelstrom auf. Röntgenaufnahmen ergaben keinen Unterschied in der Gitterkonstanten (5,94). Lediglich die Linienbreite der Debye-Scherrer-Linien war bei den neuen Proben etwas breiter, was auf kleinere Kristallite hindeutet. Der Schwellenwert des Empfängers, bei dem das Signal größer ist als der Rausch, beträgt bei einer Empfängerfläche von 2×8 mm und einer Wellenlänge von 1,2 µ 2×10<sup>-10</sup> Watt. Die neuen Schichten haben sich praktisch bewährt und zeigten nach 8 Monaten Betrieb keine Veränderungen.

**R. RITSCHL und R. MÜLLER**, Berlin: *Die Spektren des Rubins.*

Es wurden im Anschluß an Arbeiten von Thilo und Jander Untersuchungen über die Eigenschaften des Rubins in Abhängigkeit vom Chrom-Gehalt angestellt. Bei etwa 8 Mol % Chrom-Gehalt tritt ein Knick im Verlauf der Kurven für die Gitterkonstante und die magnetische Suszeptibilität ein. Gleichzeitig verschiebt sich die photographisch-photometrisch gemessene Lage der kontinuierlichen Absorption und tritt eine starke Konzentrations-

löschung der roten Fluoreszenz auf, wodurch der Farbumschlag von rot nach grün bedingt ist. Es wird vermutet, daß der Effekt mit der Ausbildung von Teilgittern zusammenhängt.

**G. HEBER**, Jena: *Neue Aspekte in der Quantentheorie des Ferromagnetismus.*

Nach den Zenerschen Vermutungen sollte der Ferromagnetismus von einer indirekten Kopplung herrühren, die durch die Austauschwechselwirkung der 3d mit den Leitungselektronen (4s) und deren Wechselwirkung untereinander zustande kommt. Demgegenüber besagt der „Heisenberg-Mechanismus“, daß das Vorzeichen des Austauschintegrals der 3d Elektronen die entscheidende Rolle spielt. Zur Klärung wurde die Blochsche Spinwellentheorie verallgemeinert. Es stellt sich heraus, daß das Matrixelement Spin im Gitter, Spin im Leitfähigkeitsband sehr klein ( $\sim \frac{1}{n}$ ) ist. Die Energieänderung des Kristalls mit einem Spin antiparallel setzt sich additiv aus einer Größe I, die den Zener-Mechanismus beschreibt und immer positiv ist, und einer Größe proportional dem Austauschintegral A zusammen. Es sind nun 3 Fälle möglich. 1) A positiv, d. h. es liegt Ferromagnetismus vor; 2) A negativ und Energieänderung kleiner Null, d. h. es ist kein Ferromagnetismus möglich. 3) A negativ und Energieänderung größer Null: Ferromagnetismus ist möglich.

Eine Entscheidung, welche der 2 Möglichkeiten 1 oder 3 bei Ni, Co und Fe vorliegt, ist aus dem Vergleich des experimentell ermittelten Tieftemperaturverhaltens der Sättigungsmagnetisierung mit den theoretischen Erwartungen möglich.

Bei Ni und wahrscheinlich auch Fe und Co liegt der erste Fall vor (A > 0), und der Zener-Mechanismus ist gegenüber dem Heisenberg-Mechanismus nur schwach vertreten.

Es bleibt jedoch durchaus die Möglichkeit bestehen, daß es ferromagnetische Stoffe gibt, bei denen Fall 3 vorliegt, die also in erster Linie durch das positive I (Zener-Mechanismus) ferromagnetisch sind.

**W. REINCKE**, Hamburg: *Die Minimaldicke ferro-magnetischer Eisenschichten.*

Die Suszeptibilität k dünnster Eisenschichten ist an einer Reihe bedampfter Glasplatten untersucht worden. Die Platten waren im Hochvakuum über einem konstanten Ofen so angebracht, daß jede Platte 20 sec länger bedampft wurde als ihr Vorgänger, so daß dünne Eisenschichten erhalten wurden, deren Dicke sich in relativ konstanten Stufen änderte. Hierdurch war es möglich, von der Schichtdicke abhängige optische Effekte zu eliminieren und photometrisch einen exakten Absolutwert für die Dicke der Schichten zu bestimmen. Während der Bedampfung wurden die Glasplatten auf 300 °C erhitzt, um eine Oxydation der Eisenschichten zu vermeiden. Die Eisenschichten hingen während der Messung an einem dünnen Kokonfaden in einem starken homogenen Magnetfeld. Aus ihrer Schwingungsdauer ließ sich die Änderung der Suszeptibilität mit der Schichtdicke bestimmen. Sie war zwischen 300 und 100 Å unabhängig von der Schichtdicke, verringerte sich bis 15 Å auf etwa 50 % des Anfangswertes und war unterhalb 11 Å praktisch Null. Die magnetooptischen Messungen, nach denen der Ferromagnetismus bei Schichtdicken von weniger als 11 Å — das entspricht 4 Atomlagen — verschwindet, wurden damit bestätigt.

*Sitzung des Fachausschusses für tiefe Temperaturen.*

Bei dieser ersten Sitzung des Fachausschusses (Vorsitzender: Prof. Dr. W. Meißner) wurde über das Vorhandensein einer Oberflächenspannung zwischen supraleitender und normalleitender Phase im Zwischenzustand zwischen Normal- und Supraleitung diskutiert. Es wurden Bedenken gegen die diesbezügliche Theorie von London erhoben.

**E. Just** (Braunschweig) beschrieb anschließend einen sehr einfachen Thermostaten für 50,1° abs., der lediglich mit der handelsüblichen flüssigen Luft gefüllt wird und von der Tatsache Gebrauch macht, daß Stickstoff und Sauerstoff bei 50,1° abs. und dem gewöhnlichen Mischungsverhältnis ein Eutektikum bilden.

[VB 430]